

УДК 621.372.8

## СТРУКТУРА СОБСТВЕННЫХ ТИПОВ ВОЛН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭКРАНИРОВАННОЙ СИММЕТРИЧНОЙ ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧ

Рахаева Е.А., Казанский Н.Л., Подлипов Г.А.

В экранированной симметричной полосковой линии передач кроме основного типа колебаний (Т-волны) могут распространяться и высшие типы. Расчету характеристик полосковых линий посвящено большое количество работ [1-3], однако за редким исключением [4] в них не приводятся структуры электромагнитных полей высших типов волн.

Целью работы является расчет структуры поля основного и высшего типов колебаний в экранированной симметричной полосковой линии.

Для получения выражений составляющих полей собственных типов волн в экранированной симметричной полосковой линии передачи в областях (1) и (2), на которые структура разбивается в соответствии с методом частичных областей, необходимо определить неизвестные коэффициенты  $A_{m(j)}$  и  $B_{m(j)}$  в выражениях для составляющих электромагнитного поля, где  $j=1$  или  $2$  - номер частичной области [5].

Для решения этой задачи необходимо решить однородную систему линейных уравнений

$$\begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} c_{kn} C_n + \sum_{n=1}^{\infty} g_{kn} A_n = 0 \\ \sum_{n=1}^{\infty} c'_{kn} C_n + \sum_{n=1}^{\infty} g'_{kn} A_n = 0 \end{cases}$$

относительно неизвестных коэффициентов  $A_n$  и  $C_n$  при известном решении дисперсионного уравнения относительно фазовых постоянных распространения собственных типов волн.

В матричной форме эта редуцированная система может быть записана в виде:

$$\begin{bmatrix} [c] & [g] \\ [c'] & [g'] \end{bmatrix} \cdot [XX] = 0 ,$$

или в виде

$$[M] \cdot [XX] = 0 ,$$

где  $[XX]$  - вектор-столбец неизвестных коэффициентов  $C_1 \dots C_N$ ,  $A_1 \dots A_N$ , подлежащих определению;

$[M]$  - матрица системы уравнений.

Для решения такой системы уравнений при условии равенства нулю главного определителя системы необходимо преобразовать систему к виду:

$$[MU] \cdot [X] = [MP],$$

где  $[MU]$  - усеченная матрица;

$[MP]$  - матрица-столбец правой части неоднородной системы линейных уравнений;

$[X]$  - вектор неизвестных коэффициентов  $C_1 \dots C_N, A_1 \dots A_{N-1}$ , то есть к неоднородной системе уравнений.

Система решается путем задания значения коэффициента  $A_N$  в матрице  $[MP]$  и последующего определения вектора неизвестных коэффициентов неоднородной системы линейных уравнений  $[X]$ .

Неизвестные коэффициенты  $C_1 \dots C_N, A_1 \dots A_{N-1}$  находятся из решения редуцированной системы уравнений. Коэффициенты системы определяются с точностью до некоторой постоянной, которая может быть найдена из условия нормировки собственных функций. Для нормировки может быть использовано, например, условие приведения среднего потока мощности через поперечное сечение экранированной симметричной полосковой линии к единице.

Таким образом, для определения структуры поля найденное значение постоянной распространения  $\beta$  на заданной частоте диапазона частот экранированной симметричной полосковой линии передач подставляется в однородную систему с последующим определением коэффициентов  $C_1 \dots C_N, A_1 \dots A_N$ .

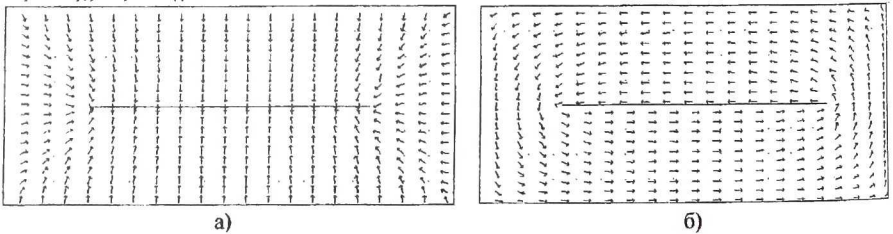


Рисунок 1 - Составляющие поля основного типа волны:

а) - электрическое поле; б) - магнитное поле

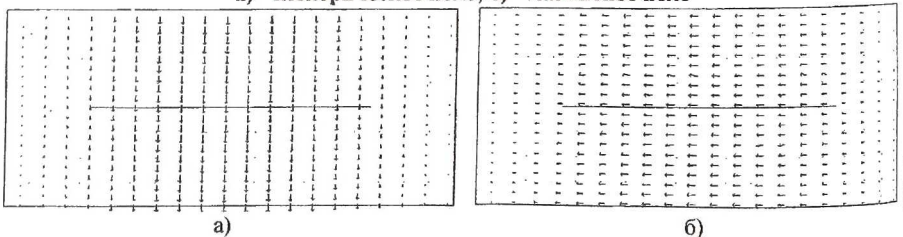


Рисунок 2 - Составляющие поля первого высшего типа волны:

а) - электрическое поле; б) - магнитное поле

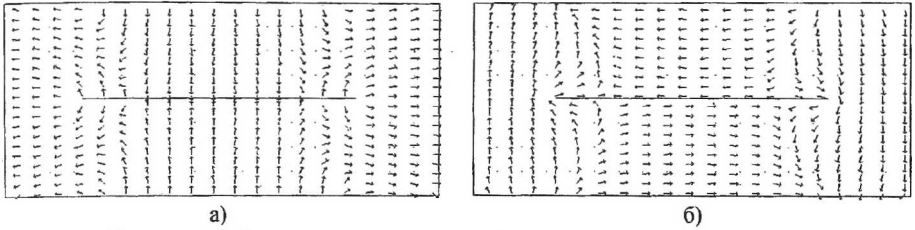


Рисунок 3 - Составляющие поля четвертого высшего типа волны:  
а) - электрическое поле; б) - магнитное поле

На рисунках 1-3 представлены рассчитанные структуры полей основного и некоторых высших типов волн в экранированной симметричной полосковой линии передачи.

Из представленных результатов следует, что структуры полей высших типов волн существенно отличаются от структуры полей основного типа волны. Количество распространяющихся типов волн и их расположение на оси частот зависит от геометрических размеров экранированной симметричной полосковой линии передачи и электродинамических параметров заполняющих сред, его можно определить по диаграмме типов колебаний.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе структуры поля в экранированной симметричной полосковой линии в многомодовом режиме, а также при выборе способов подавления волн высших типов в линии передачи.

*Работа выполнена при поддержке российско-американской программы "Фундаментальные исследования и высшее образование".*

#### Список использованных источников

1. Платонов Н.И. Машинное проектирование СВЧ линий передачи / Под ред. Веселова Г.И. - М.: МИЭТ, 1980. - 93 с.
2. Неганов В.А., Нефедов Е.И., Яровой Г.П. Полосково-щелевые структуры сверх- и крайневых частот. - М.: Наука. Физматлит, 1996. - 304 с.
3. Веселов Г.И., Платонов Н.И., Слесарев Е.С. Построение эффективных алгоритмов решения электродинамических задач методом частичных областей с учетом особенностей. //Сб. науч. трудов "Микроэлектронные радиотехнические устройства и техника СВЧ". - М., МИЭТ, 1980.
4. Арефьев А.С., Неганов В.А. Метод частичного обращения оператора в задачах о собственных волнах полосковых и щелевых линий передачи. - М.: Радио и связь, 2002. - 280 с.
5. Рахаева Е.А., Казанский Н.Л., Подлипов Г.А. Расчет диаграммы типов колебаний в экранированной симметричной полосковой линии передачи: Вестник СГАУ. Актуальные проблемы радиоэлектроники. Вып. 9. Самара, ИПО СГАУ, 2004г.